

УДК 612.4

**СОДЕРЖАНИЕ КОРТИКОСТЕРОНА И СЕРОТОНИНА В  
СЫВОРОТКЕ КРОВИ КРЫС В УСЛОВИЯХ ДЕСИНХРОНОЗА И  
ФИЗИЧЕСКОГО ПЕРЕУТОМЛЕНИЯ В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА**

Т.А. Замощина<sup>1,2</sup>, А.А. Гостюхина<sup>1</sup>, К.В. Зайцев<sup>1</sup>, О.Б. Жукова<sup>1</sup>, М.В.  
Светлик<sup>2</sup>, Н.Г. Абдулкина<sup>1</sup>, А.А. Зайцев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский  
федеральный научно-клинический центр федерального медико-  
биологического агентства»

<sup>2</sup>Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Сибирский государственный медицинский  
университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Ключевые слова:** кортикостерон, серотонин, сыворотка крови,  
сезонные ритмы, десинхроноз, физическое переутомление.

**Аннотация.** Целью настоящего исследования являлось изучение  
годовой динамики содержания кортикостерона и серотонина в сыворотке  
крови крыс после физической нагрузки в условиях светового десинхроноза.

Было установлено, что после темновой депривации и физического  
переутомления годовая динамика содержания кортикостерона в сыворотке  
крови не претерпевала существенных изменений, в то время как годовая  
динамика серотонина существенно оптимизировалась, при этом акрофаза  
предшествовала акрофазе ритма кортикостерона. После световой депривации  
и физического переутомления годовая динамика содержания серотонина  
также оптимизировалась, но в меньшей степени, чем после темновой  
депривации, а годовая динамика уровня кортикостерона преобразовывалась в  
окологодовую, с акрофазой, следующей за серотониновой. Очевидно,  
темновая депривация способствовала синхронизации двух систем организма,  
а световая депривация, наоборот, десинхронизации.

**CONTENTS OF CORTYCOSTERON AND SEROTONIN IN THE  
SERUM OF RAT BLOOD IN CONDITIONS OF DESINHRONOSIS AND  
PHYSICAL OVERFATIGUE IN DIFFERENT SEASONS OF A YEAR**

T.A. Zamoshchina<sup>1,2</sup>, A.A. Gostyukhina<sup>1</sup>, K.V. Zaitsev<sup>1</sup>, O.B. Zhukova<sup>1</sup>, M.V.  
Svetlik<sup>2</sup>, N.G. Abdulkina<sup>1</sup>, A.A. Zaitsev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal science-clinical center of Federal medicobiological agency”,  
Russia, Tomsk region, Seversk, Mira street 4

<sup>2</sup>Siberian State Medical University SSMU, Russia, Tomsk

**Key words:** corticosterone, serotonin, blood serum, seasonal rhythms, desynchronization, physical overfatigue .

**Annotation.** The purpose of this study was to study the annual dynamics of the content of corticosterone and serotonin in the blood serum of rats after exercise in conditions of light desynchronization.

It was found that after the dark deprivation and physical overfatigue annual dynamics of serum corticosterone content did not change significantly, while annual dynamics of serotonin was significantly optimized and the acrophase preceded the acrophase of the corticosterone rhythm. After light deprivation and physical overfatigue annual dynamics of serotonin content was also optimized, but to a lesser extent than after dark deprivation, and the annual dynamics of the corticosterone level was converted in circumannual one with acrophase following serotonin. Obviously, dark deprivation contributed to the synchronization of the two systems of a body and light deprivation, on the contrary to desynchronization.

**Введение.** Тренировочно - соревновательный режим высококвалифицированных спортсменов нередко требует постоянных и быстрых перемещений в различные часовые пояса с разными климатическими и экологическими условиями, что неизменно сопровождается десинхронизацией заложенных эволюцией циркадианных биоритмов физиологических функций [8;14;17].

Известно, что десинхроноз и физическая нагрузка до состояния утомления являются мощными стрессирующими факторами для организма и могут приводить к истощению его адаптивных резерв [15;20;23]. Для обоснования комплекса реабилитационных мероприятий необходимо экспериментальное обоснование их эффективности на адекватных моделях.

Согласно Ф.З. Меерсону (1988), адаптивные возможности любого организма определяются соотношением стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем, основными из которых являются глюкокортикоидная и серотонинергическая [15]. Определение уровня кортикостероидов в плазме крови является стандартной процедурой оценки стрессорной нагрузки [15;22]. Некоторые исследователи предлагают способ оценки стрессоустойчивости животных по отношению уровня серотонина в сыворотке крови к количеству лейкоцитов [19]. Известно существование суточной и сезонной динамики содержания кортикостероидов и серотонина в крови животных и людей [1;6;10;16;23;24;26;29]. Выявлена сезонная чувствительность различных видов птиц и млекопитающих к стрессорным

воздействиям [5;27;28]. Однако, сезонные особенности содержания кортикостероидов и серотонина в крови при развитии стрессорных реакций у животных на комбинированные нагрузки практически не изучены.

Целью настоящего исследования являлось изучение годовой динамики содержания кортикостерона и серотонина в сыворотке крови крыс после физической нагрузки в условиях светового десинхроноза.

**Методы и организация исследования.** Экспериментальное исследование выполнено на 3 группах половозрелых крысах-самцах породы «Wistar» массой 250-280 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария на обычном рационе со свободным доступом к воде и пище. Эксперименты проводили в первый месяц 4 сезонов года (2012- 2013 гг.).

Все процедуры с животными выполнялись в соответствии с международными правилами и нормами обращения с лабораторными животными, не противоречившими Женевской конвенции 1985 г. о «Международных принципах биомедицинских исследований с использованием животных» [21].

Животные каждой группы случайным образом были разделены на 3 подгруппы по 10-20 особей:

- 1) интактные крысы, находившиеся в естественных условиях освещения и не подвергавшиеся никаким воздействиям (10 особей);
- 2) крысы, на которых моделировалось физическое переутомление после формирования у них экспериментального десинхроноза в виде круглосуточного освещения (20 особей);
- 3) крысы, на которых моделировалось физическое переутомление после формирования у них экспериментального десинхроноза в виде круглосуточной темноты (20 особей).

Для индукции экспериментального десинхроноза крысы опытных групп в течение 10 суток круглосуточно находились при искусственном ярком освещении 150 лк либо полном затемнении 2–3 лк [11].

Моделью физического переутомления была выбрана методика принудительного плавания крыс до полного утомления [25], которая была нами модифицирована (температура воды 26–28 °С; дополнительный груз 10% от массы тела) [18]. Критерием утомления служили три безуспешные попытки всплыть на поверхность либо отказ от таких попыток с опусканием на дно. Плавательный тест проводился на всех группах животных параллельно в одно и то же время суток (с 10.00 до 11.00 ч) в течение 5 суток подряд сразу после помещения животных из депривированных условий

освещения на естественный режим свет-темнота. В конце эксперимента крыс выводили одномоментным декапитированием под CO<sub>2</sub> наркозом согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном отношении к животным и приказу Минздрава СССР №577 от 12.08.1977 «Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных» [21]. У декапитированных животных собирали кровь в чистую сухую пробирку для получения сыворотки. Определения содержания уровня гормонов кортикостерона и серотонина в сыворотке периферической крови выполняли с помощью иммуноферментного метода [7;13]. Измерения проводили на программируемом фотометре для микрострипов STAR FAX 303 PLUS (США). Процедура выполнения иммуноферментного анализа проводили по инструкциям, предлагаемым производителями тест-систем («IBL», Германия).

Статистическая обработка полученных результатов по годовой динамике содержания кортикостерона и серотонина в разных сериях эксперимента обрабатывали с помощью спектрального и косинор-анализов [9].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Как показал спектральный и косинор-анализы, у интактных животных в спектре ритмов содержания кортикостерона в сыворотке крови явно доминировала годовая, т.е. двенадцатимесячная гармоника с акрофазой, приходящейся на май месяц (табл.1).

Таблица 1

Ритмическая организация годовой динамики содержания кортикостерона в сыворотке крови крыс в условиях десинхроноза и физического переутомления

Группы	Период ритма в месяцах	Мезор, пг/мл	Амплитуда, пг/мл	Акрофаза, месяцы
Интактные	12	73,2±1,5	83,6 (79,9; 87,3)	5,1 (5;5,2)
Свет+Физическая нагрузка (темновая депривация)	12	72,9±1,8	68,3 (60,6; 75,9)	4,8 (4,7;4,9)
Темнота + физическая нагрузка (световая депривация)	11	48,1±8,6 p <sub>1</sub> < 0,01 p <sub>2</sub> < 0,05	33,8 (1,9; 65,6)	4,4 (1,1;5,1)

Сочетанная нагрузка – темновая депривация и физическое утомление – существенно не влияли на среднегодовое содержание гормона в сыворотке (мезор) и спектр ритмов: превалирующей гармоникой оставалась годовая, но с несколько запаздывающей акрофазой, приходящейся на конец апреля. Косинор-диаграмма показала отсутствие статистически значимых различий между годовыми ритмами интактных животных и животных данной опытной группы. В то же время сочетанная нагрузка в виде световой депривации и физического утомления, наоборот, существенно изменили как мезор, так и спектр ритмов, из которого элиминировала годовая компонента. Она преобразовалась в окологодовую одиннадцатимесячную гармонику с невысокой амплитудой и очень размытой акрофазой, распределяющейся с января по май месяцы. При этом среднегодовое содержание гормона кортикостерона в сыворотке в этих условиях понизилось в 1,5 раза [3].

Следовательно, физическая нагрузка до полного утомления в условиях десинхроноза, вызванного десятисуточным постоянным освещением [12], ликвидировала создавшийся десинхроноз у крыс и оптимизировала гормональную ритмику, поэтому годовой двенадцатимесячный ритм сохранялся и был согласован с внешними гелиогеофизическими факторами. Очевидно, в данном случае повторяющаяся физическая нагрузка в одно и то же время суток становилась внешним захватывающим стрессирующим фактором [12], сначала суточных, а затем и годовых ритмов, учитывая, что последние могут быть производными суточных гармоник [2].

В отличие от этой серии экспериментов, аналогичная физическая нагрузка на фоне десинхроноза, созданного десятисуточной постоянной темнотой, не только не ослабляла десинхроноз, но его усиливала, переводя годовой ритм содержания кортикостерона в сыворотке в окологодовой, свободно текущий и не согласованный с внешними гелиогеофизическими факторами. Известно, что аналогичная ситуация развивается нередко в циркадианной системе, когда возмущающий внешний цикл находится в противофазе с фотопериодом либо не совпадает с эндогенной фазой субъективных суток [12].

Биоритмологический анализ содержания серотонина в сыворотке крови показал, что у интактных животных в спектре ритмов присутствовали равнозначные годовая (12 мес.) и окологодовая (11 мес.) гармоники с акрофазами, приходящимися на середину и конец первого квартала (середина февраля-конец марта) (табл.2), что предвосхищало акрофазу соответствующей гармоники кортикостерона. Сочетанная нагрузка –

темновая депривация и физическое утомление – существенно повлияли на спектр ритмов содержания серотонина в сыворотке крови: превалирующим ритмом остался только годовой с увеличенной на 11% амплитудой, но с несколько запаздывающей акрофазой, приходящейся на конец марта-апрель месяцы (табл.2).

Таблица 2

Ритмическая организация годовой динамики содержания серотонина в сыворотке крови крыс в условиях десинхроноза и физического переутомления

Группы	Период ритма в мес.	Уровень, пг/мл	Амплитуда, пг/мл	Акрофаза, мес.
Интактные	12	41,7 ± 0,9	9,3 (8,1; 10,6)	1,7 (1,0; 2,3)
	11	41,7 ± 0,9	17,6 (15,8; 19,4)	2,1 (1,8; 2,7)
Свет+Физическая нагрузка (темновая депривация)	12	43,7 ± 0,8	9,8 (5,7; 14,0)	2,4 (2; 4,0)
Темнота+Физическая нагрузка (световая депривация)	12	41,6 ± 0,5	5,1 (3,9; 6,3)	1,14 (0,48; 1,5)

Косинор-диаграмма показала статистически значимые различия между годовыми ритмами этого показателя у интактных животных и животных данной опытной группы. Сочетанная нагрузка в виде световой депривации и физического утомления также существенно изменила спектр ритмов, из которого элиминировала окологодовой компонента, но сохранилась годовая составляющая с уменьшенной почти в два раза амплитудой и опережающей акрофазой. И этот ритм согласно косинор-диаграмме статистически значимо отличался от одноименного ритма интактных животных (табл. 2). И в этом случае акрофаза годового ритма серотонина предшествовала акрофазе одноименного ритма кортикостерона.

Следовательно, физическая нагрузка до полного утомления в условиях десинхроноза, вызванного десятисуточным постоянным освещением или затемнением [12], ликвидировала создавшийся десинхроноз у крыс и оптимизировала ритмику серотонина, видимо, сначала суточную, а затем и годовую, поэтому двенадцатимесячный ритм сохранялся и был согласован с внешними гелиогеофизическими факторами [4]. Следует заметить, что наилучшая оптимизация годового ритма наблюдалась в условиях темновой депривации, поскольку его мощность увеличивалась в этих условиях, а в

условиях световой депривации – уменьшалась в сравнении с аналогичным ритмом интактных животных. Обращает на себя внимание тот факт, что среднегодовые уровни серотонина в сыворотке крови крыс в разных условиях не отличались друг от друга.

Таким образом, после темновой депривации и физического переутомления годовая динамика содержания кортикостерона в сыворотке крови не претерпевала существенных изменений и описывалась 12 мес гармоникой, в то время как годовая динамика серотонина существенно оптимизировалась и описывалась не двумя (11 мес. и 12 мес.), а только одной – 12 мес., акрофаза которой предшествовала акрофазе ритма кортикостерона. После световой депривации и физического переутомления годовая динамика содержания серотонина также оптимизировалась, но в меньшей степени, чем после темновой депривации (уменьшилась амплитуда), а годовая динамика уровня кортикостерона преобразовывалась в окологодовую, с акрофазой, следующей за серотониновой. Очевидно, темновая депривация способствовала синхронизации двух систем организма, а световая депривация, наоборот, десинхронизации. По-видимому, усугубление десинхроноза и послужило причиной развития фазы истощения общего адаптационного синдрома, которая проявилась в виде резкого понижения среднегодового уровня кортикостерона в сыворотке в ответ на нагрузку и световую депривацию [3].

Одна из причин такого неоднозначного воздействия на организм крыс двух длительных последовательных стрессорных нагрузок скрыта в разнокачественности экспериментально созданных десинхронозов.

Очевидно, расширение световой фазы (темновая депривация) до максимума в период весеннего равноденствия, соответствуя генетически детерминированной программе роста освещенности, адаптирует животных к последующим физическим нагрузкам до полного утомления, способствует экономизации физических и метаболических ресурсов, ограничивает стресс-реакции. Суживание светлой фазы суток до минимума (световая депривация), конфликтуя с естественной программой роста освещенности, заложенной в геноме крыс, сохраняло стресс-реакции.

Другая причина возможно, состоит в двустороннем влиянии каждой стрессирующей нагрузки на результативность друг друга. По-видимому, не только десинхроноз влияет на стресс-последствия физической нагрузки, но и последняя, повторяясь каждые 24 ч в течение 5 суток, выступает в качестве внешнего цикла, захватывающего ритмы организма и оптимизирующего их.

Вторично, через обратные связи, сформированная новая ритмика воздействует на стресс-реакции после физической нагрузки. Во всяком случае, такая возможность нами продемонстрирована на примере наилучшей оптимизации годовой гармонии кортикостерона со стороны стресс-реализующей и серотонина со стороны стресс-лимитирующей систем после темновой депривации. Очевидно, десятидневные световые десинхронозы адаптируют организм животных к последующему стрессу в виде физического переутомления, при этом физическая нагрузка в течение 5 дней ликвидирует созданный десинхроноз, причем степень выраженности последнего эффекта определяется направлением фазового сдвига экспериментального десинхроноза.

### Литература

1. Ветрова Л.Ю. Динамика гистамина и серотонина в крови и моче коров в зависимости от физиологического состояния и некоторых факторов внешней среды: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. – М., 2004. Гвиннер Э. Циркануальные системы // Биологические ритмы : в 2 т. / под ред. Ю. Ашоффа, Н. А. Агаджаняна. – М. : Мир, 1984. – Т. 2. – С. 55–81.
2. Гостюхина А.А. Сезонные особенности содержания кортикостерона в сыворотке крови крыс после физического переутомления в условиях светового десинхроноза / А.А. Гостюхина, К.В. Зайцев, Т.А. Замощина, О.Б. Жукова, М.В. Н.Г. Светлик, Абдулкина // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2016. – Т.102. №1. – С. 50-55.
3. Гостюхина А.А. Уровень серотонина в сыворотке крови крыс после физического переутомления в условиях светового десинхроноза в разные сезоны года / А.А. Гостюхина, Т.А. Замощина, К.В. Зайцев, О.Б. Жукова, М.В. Светлик, Н.Г. Абдулкина, Зайцев А.А. // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2016. – Т. 102. № 9. – С. 1082-1088.
4. Гуралюк В.М. Вплив фотоперіоду на циркадіанні ритми секреції кортикостерону в стресованих щурів // Буковинський медичний вісник. – 2006. – 10 (4). – С. 37-40.
5. Дедов И.И. Биоритмы гормонов / И. И. Дедов, В. И. Дедов. – М. : Медицина, 1992. – 256 с.
6. Долгова В.В., Меньшикова В. В. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство: в 2 т. / В.В. Долгова, В.В. Меньшикова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 928 с.
7. Ежов С.Н. Хронофизиология географических перемещений. – Владивосток: Изд-во ДВГАЭУ, 2003. – 74 с.



8. Ерошенко В.М. Пакет прикладных программ косинор-анализ и методические указания по его использованию. Алгоритмы и программы. / В.М. Ерошенко, А.А. Сорокин // Информатизационный бюллетень ГФАП – СССР. – 1980. – 70(1). - С. 5–9.
9. Завьялов Е.Л. Стресс и территориальная организация локального поселения водяной полевки / Е.Л. Завьялов, Л.А. Герлинская, Л.Е. Овчинникова, В.И. Евсиков // Зоол. журнал. – 2007. – 2(1). – С.242–251.
10. Замощина, Т.А. Лития оксibuтират и ритмическая структура активно-поискового поведения и температуры тела крыс в условиях постоянного освещения // Экспер. и клин. фармакол. – 2000. – № 63(2). – С. 12–15.
11. Замощина, Т.А. Особенности суточной динамики содержания натрия, калия, кальция и лития в крови, мозге крыс в зависимости от сезона года и режима освещения / Т.А. Замощина, Е.В. Иванова // Вестник Оренбургского государственного университета. –2006.– №12 приложение 2(62).–С.104-106.
12. Круглов, С.В. Основы метода иммуноферментного анализа / С. В. Круглов. – М. : Московский государственный медико-стоматологический университет, 2010. – 58 с.
13. Матюхин, В.А. Рекомендации по прогнозированию и профилактике десинхронозов (хронофизиологические аспекты географических перемещений) / В.А. Матюхин, А.А. Путилов, С.Н. Ежов. – Новосибирск: Изд-во СО АМН СССР, 1984. – 50 с.
14. Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшенникова. – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
15. Овчаренко, Н.Д. Биоритмы эндокринных желез марала / Н.Д. Овчаренко. – Барнаул.: Изд-во АГАУ, 2004. – 95 с.
16. Оптимизация психофункционального состояния спортсменов при предельных физических нагрузках в жарком климате с помощью дополнительного мертвого пространства / И.Н. Солопов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 900–904.
17. Патент № 2617206, Российской Федерации МПК G09В 23/28 (2006/01), Способ моделирования физического переутомления у крыс в условиях десинхронозов / Гостюхина А.А. (RU), Зайцев К.В. (RU), Замощина Т.А. (RU), Светлик М.В. (RU), Жукова О.Б. (RU), Абдулкина Н.Г. (RU), Зайцев А.А. (RU), Воробьев В.А. (RU). – № 2015133700; заяв. 11.08.2015; опубл. 21.04.2017 бюл. № 12. – 7 с.
18. Патент РФ № 1745209 СССР. А61В10/10, 07.07.1992. Педенко Э.П.,

Хрипаченко И.А., Якубенко Е.Д., Ковальчук Н.В., Зинкович И.И. Способ отбора животных в хронический эксперимент. Патент России № 4843661/14 1990. бюл. № 25.

19. Румянцева Э.Р. Спортивная подготовка тяжелоатлетов. Механизмы адаптации / Э.Р. Румянцева, П. С. Горулев. – М.: Теория и практика физической культуры. – 2005. – 260 с.

20. РФ ГОСТ Р-53434-2009. Принципы надлежащей лабораторной практики. М.: Изд-во Стандартиформ, 2010.

21. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. – М. : Медгиз, 1960. – 254 с.

22. Степанова С.И. Космическая биоритмология / С.И. Степанова, В.А. Галичий // Хронобиология и хрономедицина / Под ред. Ф. И. Комарова, С. И. Рапопорта. – М. : Триада-Х, 2000. – С. 266-298.

23. Черкасова О. П. Пролонгированный лимитирующий стресс-реактивность эффект дегидроэпиандростерон-сульфата // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 2006. – Т. 141, № 1. – С. 35–37.

24. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма / И. А. Волчегорский. – Челябинск: ЧГПУ, 2000. – 112 с.

25. Charnay Y. Brain serotonergic circuitries / Y. Charnay, L. Léger // Dialogues in Clin. Neuros. – 2010. – Vol. 12, № 4. – P. 471–486.

26. El-Merahbi R. The roles of peripheral serotonin in metabolic homeostasis / El-R. Merahbi, M. Luffler, A. Mayer, G Sumara // FEBS Letters. – 2015. – Vol. 589. – P.1728-1734.

27. Newman E.M. Corticosterone and dehydroepiandrosterone in songbird plasma and brain: effects of season and acute stress / E.M. Newman, K.K. Soma // Eur. J. Neurosci. – 2009. – 29(9). – P. 1905–1914.

28. Versteeg R. Serotonin, a possible intermediate between disturbed circadian rhythms and metabolic disease / R.Versteeg, M. Serlie, A. Karlsbeek, S. la Fleur // J. Neuros. – 2015. – № 301. – P. 155-167.

### References

1. Vetrova L.Yu. The dynamics of histamine and serotonin in blood and urine of cows in dependence on the physiological state and certain environmental factors: Author's abstract. dis. cand. biol. sciences. – М., 2004.

2. Gwinner E., Circannual Systems //Biological Rhythms, / Edited by Yu. Ashoff, N.A. Aghajanyan. In 2 volumes. М. Mir. – 1984. – Vol.2. – P. 55-81.

3. Gostyukhina A.A. Seasonal features of the content of corticosterone in the blood serum of rats after physical overfatigue in conditions of light

- desynchronosis / A.A. Gostyukhina, K.V. Zaitsev, T.A. Zamoschina, O.B. Zhukova, M.V. Svetlik, N.G. Abdulkina // Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I. M. Sechenova. –2016. – Vol.102. no.1. – P. 50-55.
4. Gostyukhina A.A. The level of serotonin in the blood serum of rats after physical overfatigue under conditions of light desynchronosis in different seasons of the year / A.A. Gostyukhina, T.A. Zamoschina, K.V. Zaitsev, O.B. Zhukova, M.V. Svetlik, N.G. Abdulkina, A.A. Zaitsev // Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im.I.M. Sechenova. – 2016. – Vol. 102. no. 9. – P. 1082-1088.
5. Guraluk V.M. Effect of photoperiod on the circadian rhythm of corticosterone secretion in stressed rats // Bukovinsky medichny visnik.–2006.– 10(4).–P. 37-40.
6. Dedov I.I. Biorhythms of hormones/ I.I. Dedov, V.I. Dedov. M. : Medicine, 1992. – 256 p.
7. Dolgova V.V. Clinical laboratory diagnostics: national guide: in 2 volumes / V.V. Dolgova, V.V. Menshikova. - M. : GEOTAR-Media, 2012. – 928 p.
8. Ezhov S.N. Chronophysiology of geographical moves. – Vladivostok: Publishing house of DVGAEU, 2003. – 212 p.
9. Eroshenko V.M. Package of applied programs “cosinor analysis and guidance on its use Algorithms and programs / V.M. Eroshenko, A.A. Sorokin // Informatizatsionny bulletin of GFAP USSR. – 1980.70 (1). – P.5-9.
10. Zavyalov E.L. Stress and territorial organization of the local settlement of the water voles / E.L. Zavyalov, L.A. Gerlinskaya, L.E. Ovchinnikova, V.I. Evsikov //Zool. zhurnal. – 2007. – 2 (1). – P.42-251.
11. Zamoschina T.A. Lithium oxybutyrate and rhythmic structure of active-search behavior and body temperature of rats under conditions of constant illumination // Exper. i klin, pharmacol. – 2000. – №63 (2). – P. 12 -15.
12. Zamoschina T.A. Features of daily dynamics of sodium, potassium, calcium and lithium content in the blood, and brain of rats in dependence on year season and lighting regime / T.A. Zamoschina, E.V. Ivanova // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo Universiteta. – 2006. – Vol.12 Annex 2 (62). – P. 104-106.
13. Kruglov S.V. The basis of the method of enzyme analisis / S.V.Kruglov. – M.: Moscovskiy gosudarstvenny mediko-stomatologicheskiy universit, 2010. – 58 p.
14. Matyukhin V.A. Recommendations for prediction and prevention of desynchronosis (chronophysiological aspects of geographical moves) / V.A.

Matyukhin, A.A. Putilov, S.N. Ezhov. – Novosibirsk: Publishing House of SO AMN USSR, 1984. – 50 p.

15. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptation to stressful situations and physical loads / Meerson F.Z., Pshennikova M.G.- M.: Publishing House Meditsina, 1988. – 253 p.

16. Ovcharenko N.D. Biorhythms of the endocrine glands of the maral / Ovcharenko N.D. Barnaul. : Publishing house AGAU, 2004.

17. Optimization of the psycho-functional state of athletes under extreme physical loads in hot climates with the help of additional dead space / Solopov I.N., Kamchatnikov A.G., Sentyabrev N.N., Gorbaneva E.P. // *Fundamentalnye issledovaniya*. – 2013. – no. 8. – P. 900-904.

18. Patent no. 2617206, the Russian Federation IPC G09B 23/28 (2006/01), A method for modeling physical overfatigue in rats under conditions of desynchronosis / Gostyukhina A.A.(RU), Zaitsev K.V. (RU), Zamoschina T.A. (RU), Svetlik M.V. (RU), Zhukova O.B. (RU), Abdulkina N.G. (RU), Zaytsev A.A. (RU), Vorobiev V.A. (RU). - no. 2015133700; Application . 08/11/2015; publ. 04/21/2017 bull no. 12.

19. Patent of the Russian Federation no. 1745209 of the USSR. A61B10 / 10, 07.07.1992. Pedenko EP, Khripachchenko IA, Yakubenko ED, Kovalchuk NV, Zinkovich II The method of selecting animals in a chronic experiment. Patent of Russia No. 4843661/14 1990. Bul. № 25.

20. Rumyantseva E.R. Sports training for weightlifters. Mechanisms of adaptation / E. R. Rumyantseva, PS Gorulev. – M. : Theory and practice of physical culture, 2005. – 260 p.

21. RF GOST R-53434-2009 Principles of good laboratory practice. M. : Publishing House Standartinform, 2010.

22. Selye G. Essays on the Adaptive Syndrome / Selye G. – M. : Publishing House Medgiz, 1960. – 254 p.

23. Stepanova S.I. Cosmic biorhythmology. / S.I. Stepanova, V.A. Galichy // *Chronobiology and chronomedicine* / Ed. F.I. Komarova, S.I. Rapoport. – M. : Publishing House Triada-X, 2000. – P. 266-298.

24. Cherkasova O.P. Long-acting limiting stress-reactivity-effect of dehydroepiandrosterone sulfate // *Bul. experiment. biology i meditsine*. – 2006. – Vol. 141, no. 1. – P. 35-37.

25. Experimental modeling and laboratory evaluation of adaptive reactions of the organism / Volchegorsky I.A., Dolgushin I.I., Kolesnikov O.L., Tseylikman V.E. – Chelyabinsk: Publishing house of CSPU, 2000. – 112c.

26. Charnay Y. Brain serotonergic circuitries / Y. Charnay, L. Léger // *Dialogues in Clin. Neuros.* – 2010. – Vol. 12, № 4. – P. 471–486.
27. El-Merahbi R. The roles of peripheral serotonin in metabolic homeostasis / El-R. Merahbi, M. Luffler, A. Mayer, G Sumara // *FEBS Letters.* – 2015. – Vol. 589 . – P.1728-1734.
28. Newman E.M. Corticosterone and dehydroepiandrosterone in songbird plasma and brain: effects of season and acute stress / E.M. Newman, K.K. Soma // *Eur. J. Neurosci.* – 2009. – 29(9). – P. 1905–1914.
29. Versteeg R. Serotonin, a possible intermediate between disturbed circadian rhythms and metabolic disease / R.Versteeg, M. Serlie, A. Karlsbeek, S. la Fleur // *J. Neuros.* – 2015. – № 301. – P. 155-167.

**Сведения об авторах.** **Татьяна Алексеевна Замощина** – профессор кафедры фармацевтической технологии и биотехнологии Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Томск), старший научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Филиала «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии» Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (г. Томск), доктор биологических наук, профессор; **Алена Анатольевна Гостюхина** – научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Филиала «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии» Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (г. Томск), кандидат биологических наук; **Константин Васильевич Зайцев** – руководитель экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Филиала «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии» Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (г. Томск), кандидат медицинских наук; **Оксана Борисовна Жукова** – ведущий научный сотрудник экспериментальной лаборатории биомедицинских технологий Филиала «Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии» Федерального

государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (г. Томск), доктор медицинских наук; **Михаил Васильевич Светлик** – доцент кафедры медицинской и биологической кибернетики Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения, доцент кафедры физиологии человека и животных Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск), кандидат биологических наук; **Наталья Геннадьевна Абдулкина** – заместитель генерального директора по научно-клинической работе Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства» (г. Томск), доктор медицинских наук; **Алексей Александрович Зайцев** – директор Филиала «Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии» Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», кандидат медицинских наук.

**612.1+612.9+796**

### **ВКЛАД ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ В ФЕНОТИПИЧЕСКУЮ ДИСПЕРСИЮ ЦИРКАДИАНЫХ РИТМОВ В НОРМЕ, СПОРТЕ И ПРИ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ**

Р. М. Заславская, М.М. Тейблум

Институт космических исследований РАН

**Ключевые слова:** циркадианные ритмы, генетика, близнецовый метод.

Цель работы: близнецовые и биоритмологические исследования для определения механизмов, лежащих в основе формирования циркадианных ритмов в норме, спорте и ГБ 1 ст.

**Аннотация.** Представлены результаты близнецовых и биоритмологических исследований в группах подростков, спортсменов и больных ГБ 1 стадии. Установлено наличие циркадианных ритмов параметров электромеханической и гемодинамической функций сердца в условиях равнины и средне- и высокогорной гипоксии. Отмечена десинхронизация этих ритмов в горных условиях. У больных ГБ 1 стадии циркадианная ритмичность показателей гемодинамики и экскреции